



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 18 067 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 M 8/04**

②① Aktenzeichen: 100 18 067.1  
②② Anmeldetag: 12. 4. 2000  
④③ Offenlegungstag: 25. 10. 2001

**DE 100 18 067 A 1**

⑦① Anmelder:  
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

⑦② Erfinder:  
Hinsenkamp, Gert, Dr., 38533 Vordorf, DE

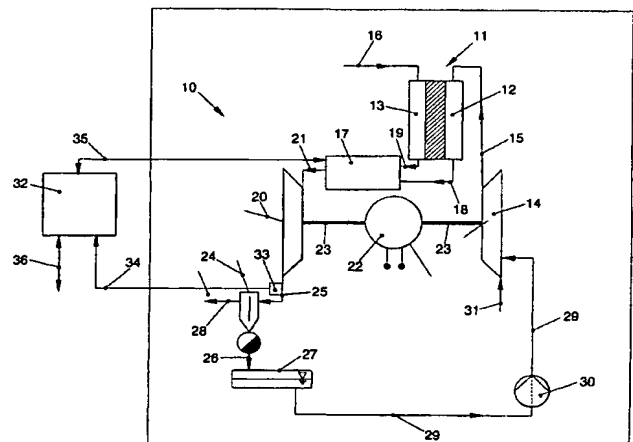
⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	199 45 323 A1
DE	199 29 732 A1
DE	199 08 905 A1
US	40 04 947 A
US	39 73 993 A
EP	02 70 101 A1
= US	47 38 903 A

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Verfahren zum Rückgewinnen von Wasser aus einem Abgas in einer Brennstoffzellenvorrichtung und entsprechende Brennstoffzellenvorrichtung

⑤⑦ Das Verfahren dient zum Rückgewinnen von Wasser aus einem Abgas in einer Brennstoffzellenvorrichtung (10). Hierbei ist vorgesehen, dass die Rückgewinnung mittels einer Expansionseinheit (20) der Brennstoffzellenvorrichtung (10) erfolgt, welche zum Betreiben eines weiteren Aggregats genutzt wird. Vorzugsweise wird die Expansionseinheit (20) zum Antreiben einer Kompressorreinheit (14) der Brennstoffzellenvorrichtung (10) genutzt.



**DE 100 18 067 A 1**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Rückgewinnen von Wasser aus einem Abgas in einer Brennstoffzellenvorrichtung, gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ferner bezieht sich die Erfindung auf eine Brennstoffzellenvorrichtung mit einer Brennstoffzelle, die abgasseitig mit einer Expansionseinheit wirkverbunden ist, welche abtriebsseitig mit einer Kompressoreinheit in Wirkverbindung steht, entsprechend Oberbegriff des Anspruchs 9.

[0003] Verfahren zum Rückgewinnen von Wasser aus einem Abgas in einer Brennstoffzellenvorrichtung und entsprechende Brennstoffzellenvorrichtungen sind bekannt. Dabei sind derartige bekannte Systeme nachteilhafterweise aufwendig und kompliziert, da die Brennstoffzellenvorrichtungen zusätzlich jeweils mit einem Wärmetauscher oder einem Membransystem beziehungsweise Trockner ausgestattet werden müssen.

[0004] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Brennstoffzellenvorrichtung der eingangs genannten Art vorzuschlagen, welche in einfacher und zuverlässiger Weise eine effektive Wasserrückgewinnung beim Betreiben der Brennstoffzellenvorrichtung erlauben.

[0005] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mittels eines Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Rückgewinnung mittels einer Expansionseinheit der Brennstoffzellenvorrichtung erfolgt, welche zum Betreiben eines weiteren Aggregats genutzt wird. Aufgrund der Nutzung einer bereits in der Brennstoffzellenvorrichtung zum Einsatz kommenden Expansionseinheit zur Rückgewinnung von Wasser aus dem Abgas der Brennstoffzelle ist es möglich, zwei voneinander unabhängige Betriebsfunktionen der Brennstoffzellenvorrichtung mittels einer einzigen Konstruktionseinheit, nämlich der Expansionseinheit, durchzuführen. Es ist somit vorteilhafterweise möglich, in verhältnismäßig einfacher und betriebsgünstiger Weise eine Wasserrückgewinnung innerhalb der Brennstoffzellenvorrichtung unter Verwendung einer bereits bestehenden Konstruktionseinheit (Expansionseinheit) zu erzielen.

[0006] Mit Vorteil wird die Expansionseinheit zum Antreiben einer Kompressoreinheit der Brennstoffzellenvorrichtung genutzt. In dieser Weise wird mittels der Expansionseinheit, welche mechanisch mit der Kompressoreinheit der Brennstoffzellenvorrichtung gekoppelt ist, mechanische Energie gewonnen, die zum Antreiben der Kompressoreinheit vorgesehen ist, als auch Wasser aus dem Abgas zurückgewonnen, das zum Betreiben der Brennstoffzellenvorrichtung wieder benutzt werden kann. Es wird somit die bei der Expansion des Abgases in der Expansionseinheit vorgesehene Kälteerzeugung zur Kondensierung und Rückgewinnung des im Abgas enthaltenen Wassers genutzt.

[0007] Vorzugsweise erfolgen die Wasserrückgewinnung und das Antreiben der Kompressoreinheit mittels der Expansionseinheit gleichzeitig. Da die zwei ansonsten voneinander getrennten Betriebsfunktionen "Wasserrückgewinnung" und "Antreiben der Kompressoreinheit" mittels einer einzigen Konstruktionseinheit, nämlich der Expansionseinheit, durchgeführt werden, ist es besonders vorteilhaft, die Betriebsparameter während des Betriebes der Brennstoffzellenvorrichtung derart einzustellen, dass die genannten zwei Betriebsfunktionen gleichzeitig mittels der Expansionseinheit erfüllt werden können.

[0008] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante erfolgt die Wasserrückgewinnung abgasseitig mittels einer mit der Brennstoffzelle wirkverbundenen katalytischen Brenneinheit. Die katalytische Brenneinheit ist abgasseitig zwischen der Brennstoffzelle und der Expansionseinheit ange-

ordnet und dient als Wärmequelle für die Brennstoffzellenvorrichtung. Das aus der katalytischen Brenneinheit austretende Abgas weist eine verhältnismäßig hohe Betriebstemperatur von circa 350°C auf, wobei die in dem heißen Abgas enthaltene Energie teilweise mittels der mit der Kompressoreinheit wirkverbundenen Expansionseinheit zurückgewonnen wird. Vorzugsweise gleichzeitig erfolgt bei der Energierückgewinnung durch die Expansionseinheit, welche insbesondere zum Antreiben der Kompressoreinheit vorgesehen ist, auch die erwünschte Wasserrückgewinnung.

[0009] Mit Vorteil erfolgt die Wasserrückgewinnung bei einem Abgasbetriebsdruck > 2 bar. Bei einem Abgasbetriebsdruck > 2 bar ist eine besonders effektive und betriebsgünstige Rückgewinnung von Kompressionsenergie mittels der mechanisch an die Kompressoreinheit angekoppelten Expansionseinheit möglich, welche das unter Druck stehende und in der katalytischen Brenneinheit erhitzte, wasserdampfhaltige Abgas der Brennstoffzelle aus der Kathodeneinheit und Anodeneinheit derselben entspannt. Dabei wird durch geeignete Einstellung der Abgastemperatur an einem Austritt der Expansionseinheit eine erwünschte Wasserkondensierung erhalten.

[0010] Vorzugsweise wird die Abgastemperatur an einem Austritt der Expansionseinheit auf einen Wert geringfügig oberhalb des Wassergefrierpunkts eingestellt. Bei einer derartigen Abgastemperatur am Austritt der Expansionseinheit ist eine effektive und zuverlässige Kondensierung von im Abgas enthaltenem Wasser möglich.

[0011] Entsprechend einer bevorzugten Ausführungsvariante wird das in der Expansionseinheit auskondensierte Wasser in einem Abscheider zurückgehalten und in einem Aufnahmebehälter gespeichert. Durch die Speicherung des auskondensierten Wassers ist eine flexible und betriebsgünstige Nutzung des rückgewonnenen Wassers innerhalb der Brennstoffzellenvorrichtung möglich.

[0012] Vorteilhafterweise wird das in der Expansionseinheit auskondensierte Wasser im Bereich der Kompressoreinheit insbesondere mittels einer Wassereindüsung und/oder eingangsseitig der Brennstoffzelle rückgeführt. Bei einem Einspeiseort des zurückgewonnenen Wassers im Bereich der Kompressoreinheit kann selbiges mittels einer Wassereindüsung Kühlungs-, Schmierungs- und/oder Abdichtungsfunktionen übernehmen. Als Alternative beziehungsweise Ergänzung kann auch eine Befeuchtung des Anoden- oder Kathodenbetriebsstoffs vor Eintritt in die Brennstoffzelle erfolgen.

[0013] Ferner wird die Aufgabe durch eine Brennstoffzellenvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 9 gelöst, welche dadurch gekennzeichnet ist, dass ausgangssseitig der Expansionseinheit ein Gastemperaturmessmittel vorgesehen ist, das mit einer wenigstens einen abgastemperaturrelevanten Betriebsparameter beeinflussenden Steuereinheit wirkverbunden ist. Mittels einer derart ausgebildeten Brennstoffzellenvorrichtung ist es möglich, die in Bezug auf das Verfahren vorgenannten Vorteile zu erzielen.

[0014] Vorzugsweise ist die Steuereinheit mit einer katalytischen Brenneinheit zur Beeinflussung der Abgastemperatur ausgangssseitig der Expansionseinheit wirkverbunden. In dieser Weise kann die Abgastemperatur am Austritt der Expansionseinheit gemessen und die katalytische Brenneinheit mittels der Steuerung derart eingeregelt werden, dass die Abgastemperatur ausgangssseitig der Expansionseinheit vorzugsweise geringfügig oberhalb des Wassergefrierpunkts liegt, um eine zuverlässige und effektive Kondensierung und Rückgewinnung von im Abgas enthaltenem Wasser beziehungsweise Wasserdampf zu gewährleisten. Hierzu kann vorteilhafterweise eine bereits in der Brennstoffzellenvorrichtung vorgesehene Steuereinheit herangezogen werden,

welche zusätzlich mit weiteren Aggregaten der Brennstoffzellenvorrichtung wirkverbunden sein kann.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist die Brennstoffzellenvorrichtung eine Wasseraufnahme- und Wasserrückführeinheit auf. Eine Wasseraufnahme- und Wasserrückführeinheit ist in verhältnismäßig einfacher Weise realisierbar und ermöglicht eine flexible und betriebssangepasste Nutzung des rückgewonnenen Wassers innerhalb der Brennstoffzellenvorrichtung.

[0016] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung.

[0017] Die Erfindung wird nachfolgend in einem Ausführungsbeispiel anhand einer zugehörigen Zeichnung näher erläutert. In einer einzigen Figur ist eine erfindungsgemäße Brennstoffzellenvorrichtung anhand eines Blockschaltbildes dargestellt.

[0018] Die Figur zeigt in schematischer Darstellung eine allgemein mit 10 bezeichnete Brennstoffzellenvorrichtung, insbesondere eines Fahrzeugs (nicht dargestellt), die eine Brennstoffzelle 11 aufweist. Die Brennstoffzelle 11 besteht aus einer Kathodeneinheit 12 und einer Anodeneinheit 13. Die Kathodeneinheit 12 ist eingangsseitig mittels einer als Pfeil 15 dargestellten Betriebsstoffzufuhrleitung mit einer Kompressoreinheit 14 wirkverbunden. Die Anodeneinheit 13 wird eingangsseitig mittels einer als Pfeil 16 dargestellten Betriebsstoffzufuhrleitung, von der Kathodeneinheit 12 getrennt, mit einem Betriebsstoff versorgt. Eine katalytische Brenneinheit 17 ist mittels als Pfeile 18, 19 dargestellten Abgasleitungen mit der Kathodeneinheit 12 und Anodeneinheit 13 wirkverbunden. Die katalytische Brenneinheit 17 ist ausgangsseitig mittels einer als Pfeil 21 dargestellten Abgasleitung mit einer Expansionseinheit 20 wirkverbunden. Die Expansionseinheit 20 ist mittels einer Antriebswelleneinheit 23 mit der Kompressoreinheit 14 mechanisch gekoppelt. Die Antriebswelleneinheit 23 steht mit einem elektrischen Antriebsmotor 22 in Wirkverbindung, welcher zusätzlich als Generator ausgebildet sein kann. Die Kompressoreinheit 14 wird mittels der Antriebswelleneinheit 23 durch die Expansionseinheit 20 und/oder durch den elektrischen Antriebsmotor 22 angetrieben. Die Expansionseinheit 20 ist ausgangsseitig mit einer als Pfeil 25 dargestellten Austrittsleitung verbunden, welche ein Gastemperaturmessmittel 33 aufweist. Die Austrittsleitung (Pfeil 25) führt zu einem Abscheider 24, aus dem kondensiertes Wasser mittels einer als Pfeil 26 dargestellten Wasserzufuhrleitung in einen Aufnahmebehälter 27 geleitet wird. Das restliche Abgas wird durch die als Pfeil 28 dargestellte Leitung vom Abscheider 24 weggeführt. Der Aufnahmebehälter 27 ist mittels einer als Pfeile 29 dargestellten Wasserrückführeinheit, welche ein Pumpmittel 30 zur Druckerhöhung von rückzuführendem Wasser aufweist, mit der Kompressoreinheit 14 eingangsseitig wirkverbunden. Weiterhin führt eingangsseitig eine zusätzliche, als Pfeil 31 dargestellte Betriebsstoffzufuhrleitung in die Kompressoreinheit 14. Die Betriebsstoffzufuhrleitungen (Pfeil 15, Pfeil 31) sind als Luftzufuhrleitungen ausgebildet. Eine Steuereinheit 32 ist mittels einer als Doppelpfeil 35 dargestellten Steuerleitung mit der katalytischen Brenneinheit 17 und mittels einer als Pfeil 34 dargestellten Messdatenübertragungsleitung mit dem Gastemperaturmessmittel 33 wirkverbunden. Ferner steht die Steuereinheit 32 mittels einer als Doppelpfeil 36 dargestellten Steuerleitung mit weiteren, nicht dargestellten Aggregaten der Brennstoffzellenvorrichtung 10 oder anderen Systemen in Verbindung.

[0019] Vorteilhafterweise ist die Brennstoffzellenvorrichtung 10 geeignet, mittels der Expansionseinheit 20 sowohl die Kompressoreinheit 14 anzutreiben als auch Wasser aus dem wasserdampfhaltigen Abgas der Brennstoffzelle 11 beziehungsweise der katalytischen Brenneinheit 17 rückzu-

gewinnen. Hierzu regelt die Steuereinheit 32 die Betriebsparameter der katalytischen Brenneinheit auf Werte, die in betriebs- und wirkungsgradgünstiger Weise in der als Pfeil 25 dargestellten Austrittsleitung der Expansionseinheit 20 auf eine wasserkondensierende Abgastemperatur einstellbar ist. Dabei liegt die Abgastemperatur vorzugsweise geringfügig oberhalb des Wassergefrierpunkts. Dies ermöglicht eine zuverlässige und effektive Auskondensierung des im Abgas der katalytischen Brenneinheit 17 enthaltenen Wassers beziehungsweise Wasserdampfes und somit eine betriebsgünstige Speicherung und/oder Rückführung des abgeschiedenen Wassers innerhalb der Brennstoffzellenvorrichtung 10. Die jeweils vorliegende Abgastemperatur wird mittels des Gastemperaturmessmittels 33 vorzugsweise kontinuierlich gemessen und deren Werte mittels der als Pfeil 34 dargestellten Messdatenübertragungsleitung an die Steuereinheit 32 übermittelt. In dieser Weise ist eine schnelle und zuverlässige Ausregelung der katalytischen Brenneinheit 17 zur Kondensaterzeugung mittels der Expansionseinheit 20 möglich. Da die Abgasbetriebstemperatur in der Austrittsleitung (Pfeil 25) nicht nur von der Betriebstemperatur des Abgases am Eintritt in die Expansionseinheit 20 abhängt, sondern zusätzlich auch vom Druckverhältnis und/oder Wirkungsgrad der Expansionseinheit und der jeweils vorliegenden Abgaszusammensetzung, kann gemäß einer nicht dargestellten Ausführungsform auch die Expansionseinheit 20 mittels einer Steuerleitung mit der Steuereinheit 32 wirkverbunden sein. Da die volumetrische Wasseraufnahmefähigkeit von luftähnlichen Gasen in exponentiellem Zusammenhang mit der Gastemperatur steht, kann mittels geeigneter Einstellung der Betriebstemperatur des wasserdampfhaltigen Abgases der katalytischen Brenneinheit 17 ein Großteil der im Brennstoffzellenabgas vorhandenen Feuchtigkeit auskondensiert und anschließend im Abscheider 24 zurückgehalten und im Aufnahmebehälter 27 gespeichert werden. Dieses gespeicherte und rückgewonnene Wasser kann nach einer geeigneten Druckerhöhung mittels des Pumpmittels 30 zur Kompressoreinheit 14 zurückgeführt werden, um dort mittels einer nicht dargestellten Wassereindüsung Kühlungs-, Schmierungs- und/oder Abdichtungsfunktionen zu erfüllen. Gemäß einer nicht dargestellten, alternativen Ausführungsform kann das rückgewonnene Wasser auch zur Befeuchtung des in die Kathodeneinheit 12 und Anodeneinheit 13 zuzuführenden Betriebsstoffs genutzt werden.

[0020] Die oben beschriebene Wasserrückgewinnung mittels der Expansionseinheit 20 erfolgt somit in konstruktiv einfacher Weise, das heißt, ohne zusätzlich zu integrierende, aufwendige Bauteile, und erlaubt eine verschmutzungsunempfindliche, direkte Flüssigkeitserzeugung. Dabei wird zur Wasserrückgewinnung keine mechanische Energie verbraucht, sondern vorteilhafterweise gleichzeitig mechanische Energie zum Betreiben der Kompressoreinheit 14 gewonnen. Der konstruktive und energetische Aufwand zur Wasserrückgewinnung ist somit minimal. Dabei besteht ferner die Möglichkeit einer vollständigen Wasserrückgewinnung und somit eines in Bezug auf Wasser autarken Betriebs der Brennstoffzellenvorrichtung 10.

[0021] Der weitere konstruktive Aufbau und die weitere Funktionsweise der Brennstoffzellenvorrichtung 10 sind an sich bekannt und werden deshalb nicht im Detail dargestellt beziehungsweise beschrieben.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Rückgewinnen von Wasser aus einem Abgas in einer Brennstoffzellenvorrichtung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rückgewinnung mittels einer Expansionseinheit (20) der Brennstoffzellen-

- vorrichtung (10) erfolgt, welche zum Betreiben eines weiteren Aggregats (14) genutzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Expansionseinheit (20) zum Antreiben einer Kompressoreinheit (14) der Brennstoffzellenvorrichtung (10) genutzt wird. 5
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserrückgewinnung und das Antreiben der Kompressoreinheit (14) mittels der Expansionseinheit (20) gleichzeitig erfolgen. 10
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserrückgewinnung abgasseitig stromab einer mit der Brennstoffzelle (11) wirkverbundenen katalytischen Brenneinheit (17) mittels einer Expansionseinheit (20) erfolgt. 15
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserrückgewinnung bei einem Abgasbetriebsdruck  $> 2$  bar erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgastemperatur an einem Austritt der Expansionseinheit (20) auf einen Wert geringfügig oberhalb des Wassergefrierpunkts eingestellt wird. 20
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Expansionseinheit (20) auskondensierte Wasser in einem Abscheider (24) zurückgehalten und in einem Aufnahmebehälter (27) gespeichert wird. 25
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Expansionseinheit (20) auskondensierte Wasser im Bereich der Kompressoreinheit (14) insbesondere mittels einer Wassereindüsung und/oder eingangsseitig der Brennstoffzelle (11) rückgeführt wird. 30
9. Brennstoffzellenvorrichtung, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Brennstoffzelle, die abgasseitig mit einer Expansionseinheit wirkverbunden ist, welche abtriebsseitig mit einer Kompressoreinheit in Wirkverbindung steht, dadurch gekennzeichnet, dass ausgangseitig der Expansionseinheit (20) ein Gastemperaturmessmittel (33) vorgesehen ist, das mit einer wenigstens einen abgastemperaturrelevanten Betriebsparameter beeinflussenden Steuereinheit (32) wirkverbunden ist. 35
10. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (32) mit einer katalytischen Brenneinheit (17) zur Beeinflussung der Abgastemperatur ausgangseitig der Expansionseinheit (20) wirkverbunden ist. 40
11. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Wasseraufnahme- und Wasserrückführeinheit (26, 27, 29, 30) aufweist. 55

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

60

65

- Leerseite -

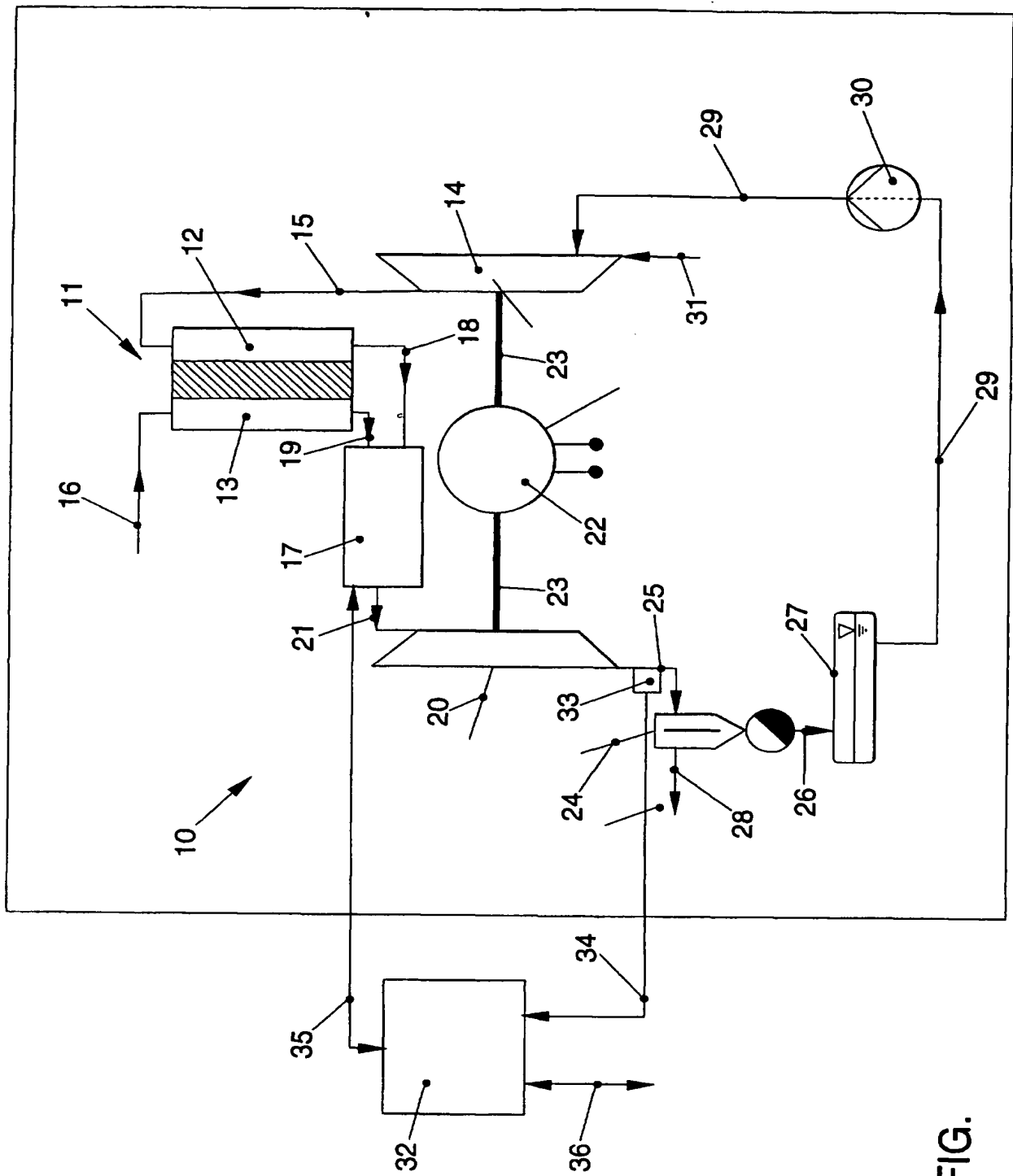


FIG.